



TUGAS AKHIR TF 145565

**RANCANG BANGUN SISTEM OTOMASI BERAT
BAHAN BAKU MESIN CRUSHEER PADA
MINIPLANT PRODUKSI BAHAN BAKAR MINYAK
(BBM) DARI LIMBAH PLASTIK BERBASIS
MIKROKONTROLLER**

**MUHAMAD VICKY DRIANTAMA
NRP. 10511500000020**

**Dosen Pembimbing
Arief Abdurrahman, S.T.,M.T.
NIP. 1987707122014041002
Herry Sufyan Hadi, S.T.,M.T.
NIP. 1988201711056**

**PROGRAM STUDI DIII TEKNOLOGI INSTRUMENTASI
DEPARTEMEN TEKNIK INSTRUMENTASI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018**



TUGAS AKHIR TF 145565

**RANCANG BANGUN SISTEM OTOMASI BERAT
BAHAN BAKU MESIN CRUSHEER PADA
MINIPLANT PRODUKSI BAHAN BAKAR MINYAK
(BBM) DARI LIMBAH PLASTIK BERBASIS
MIKROKONTROLLER**

**MUHAMAD VICKY DRIANTAMA
NRP. 10511500000020**

**Dosen Pembimbing
Arief Abdurrahman, S.T.,M.T.
NIP. 1987707122014041002
Herry Sufyan Hadi, S.T.,M.T.
NIP. 1988201711056**

**PROGRAM STUDI DIII TEKNOLOGI INSTRUMENTASI
DEPARTEMEN TEKNIK INSTRUMENTASI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018**



FINAL PROJECT TF 145565

DESIGN AND DEVELOPMENT OF CRUSHEER MACHINE RAW MATERIAL AUTOMATION SYSTEM ON MINIPLANT PRODUCTION OF FUEL OIL (BBM) FROM MICROCONTROLLER- BASED PLASTIC WASTE

Muhamad Vicky Driantama
NRP. 10511500000020

Advisor Lecturer
Arief Abdurrahman, S.T.,M.T.
NIP. 1987707122014041002
Herry Sufyan Hadi, S.T.,M.T.
NIP. 1988201711056

DIPLOMA III OF INSTRUMENTATION TECHNOLOGY
DEPARTEMEN INSTRUMENTATION ENGINEERING
Vaculty Of Diploma
Sepuluh Nopember institute of Technology
Surabaya
2018

**RANCANG BANGUN SISTEM OTOMASI BERAT
BAHAN BAKU MESIN CRUSHEER PADA
MINIPLANT PRODUKSI BAHAN BAKAR MINYAK
(BBM) DARI LIMBAH PLASTIK BERBASIS
MIKROKONTROLLER**

TUGAS AKHIR

Oleh :

MUHAMAD VICKY DRIANTAMA

NRP. 10511500000020

Surabaya, 24 Juli 2018

Mengetahui / Menyetujui

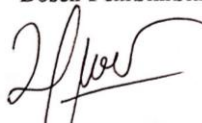
Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2



Arief Abdurrahman, S.T., M.T.

NIP. 1987707122014041002



Herry Sufvan Hadi, S.T., M.T.

NIP. 19882017111056

Kepala Departemen Teknik Instrumentasi



Dr. Ir. Purwadi Agus D, M.Sc

NIP. 19620822 198803 1 001

**RANCANG BANGUN SISTEM OTOMASI BERAT
BAHAN BAKU MESIN CRUSHEER PADA
MINIPLANT PRODUKSI BAHAN BAKAR MINYAK
(BBM) DARI LIMBAH PLASTIK BERBASIS
MIKROKONTROLLER**

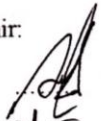


TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
pada
Program Studi DIII Teknologi Instrumentasi
Departemen Teknik Instrumentasi
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Muhamad Vicky Driantama
NRP. 10511500000020

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

- | | | |
|----------------------------------|--|--------------------|
| 1. Arief Abdurrahman, S.T., M.T. |  | Dosen Pembimbing 1 |
| 2. Herry Sufyan Hadi S.T., M.T. |  | Dosen Pembimbing 2 |
| 3. Murry Raditya, S.T., M.T. |  | Dosen Penguji 1 |

SURABAYA
24 Juli 2018

RANCANG BANGUN SISTEM OTOMASI BERAT BAHAN BAKU MESIN CRUSHEER PADA MINIPLANT PRODUKSI BAHAN BAKAR MINYAK (BBM) DARI LIMBAH PLASTIK BERBASIS MIKROKONTROLLER

Nama Mahasiswa : Muhamad Vicky Driantama
NRP : 10511500000020
Departemen : Teknik Instrumentasi
Dosen Pembimbing : Arief Abdurrahman, S.T., M.T.
Herry Sufyan Hadi, S.T., M.T.

Abstrak

Limbah plastic menyebabkan permasalahan yang umumnya hampir terjadi di setiap kota besar di Indonesia. Tidak seperti sampah yang ada pada umumnya , limbah plastic merupakan jenis sampah plastic merupakan jenis sampah yang sukar di uraikan oleh tanah. Volume sampah plastic dari tahun ke tahun semakin bertambah dan hal tersebut merupakan masalah yang harus di tanggulangi secepatnya dengan mengolah limbah tersebut untuk di jadikan suatu produk bahan bakar minyak dengan proses pirolisis yang memanfaatkan botol limbah plastic di cacah dengan mesin crusher (penghancur plastic) untuk di jadikan inputan dari proses tersebut kemudian akan di timbang dengan menggunakan sensor loadcell dengan menggunakan mikrokontroller Atmega 16 dan motor servo sebagai penumpah bahan baku untuk menentuka nilai set point yang di inginkan yakni sebesar 3kg yang di setting 300 gram sebanyak 10 kali. Di dapatkan karakteristik static dari sensor loadcell $U_{a1} = 0,324931311$, $U_{a2} = 3,105908348$, $U_{b1} = 0,002886751$, $U_{b2} = 0$, $U_c = 9,971606311$, dengan histerisis sebesar 2,41% , akurasi sebesar 96,65% eror sebesar 3,34%

Kata Kunci: Loadcell, pirolisis, Motor servo, Atmega 16.

**DESIGN SYSTEM OF AUTOMATIC WEIGHT SYSTEM
RAW MACHINE CRUSHER MACHINERY IN
MINIPLANT PRODUCTION OF FUEL OIL (BBM)
FROM PLASTIC WASTE BASED ON
MICROCONTROLLER**

Name of Student : Muhamad Vicky Driantama
NRP : 10511500000020
Department : Teknik Instrumentasi
Advisor Lecturer : Arief Abdurrahman, S.T., M.T.
Herry Sufyan Hadi, S.T., M.T.

Abstract

Waste plastic causes problems that generally occur in almost every major city in Indonesia. Unlike garbage in general, plastic waste is a type of plastic waste is a type of waste that is difficult to describe by the soil. The volume of plastic waste from year to year is increasing and it is a problem that must be overcome as soon as possible by treating the waste to be made into a fuel oil product by pyrolysis process that utilizes plastic waste bottles in cacah with crusher machine (plastic crusher) for the make input of the process then will be weighed by using the loadcell sensor using Atmega 16 microcontroller and servo motor as raw material spilled to determine the desired set point value of 3kg in the setting 300 grams as much as 10 times. In obtaining static characteristic of loadcell sensor $U_{a1} = 0,324931311$, $U_{a2} = 3,105908348$, $U_{b1} = 0,002886751$, $U_{b2} = 0$, $U_c = 9,971606311$, with hysteresis 2,41%, accuracy 96,65% error 3.34%

Keywords: Loadcell, pyrolysis, servo motor, Atmega 16.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul **“RANCANG BANGUN SISTEM OTOMASI BERAT BAHAN BAKU MESIN CRUSHEER PADA MINIPLANT PRODUKSI BAHAN BAKAR MINYAK (BBM) DARI LIMBAH PLASTIK BERBASIS MIKROKONTROLLER”** dengan tepat waktu. terselesaikannya laporan ini juga tak luput dari dukungan dan peran dari orangtua dan keluarga besar serta berbagai pihak. Untuk itulah dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc selaku Kepala departemen Teknik Instrumentasi.
2. Bapak Arief Abdurrahman, S.T.,M.T. dan Bapak Herry Sufyan , S.T.,M.T. selaku pembimbing Tugas Akhir yang telah membina dengan baik dan sabar.
3. Bapak Dr.Ir. Totok Soehartanto, DEA selaku Dosen Wali penulis.
4. Bapak dan Ibu tercinta orang tua terbaik dan yang paling saya sayangi berkat doanya yang membuat saya bisa menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Seluruh Asisten Laboratorium Pengukuran Fisis yang telah membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir penulis.
6. Mas Sandy Oktavian, Mas Febri , Mas Kevin , Mas Khafid dan Mr Subandi yang sudah menjadi tutor dalam pengerjaan tugas akhir ini.
7. *Pirolisis team*, (Wanda Nirmala Santoso, Ayu Safitri, Miftakhul Dyah Madasari) yang telah bersama-sama berjuang dalam pengerjaan Tugas Akhir ini hingga selesai.
8. Teman - teman F50 , Fisis 2015, DJ dan Laris yang selalu memotivasi penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Ucik Nur Hidayati yang memberikan semangat, doa dan kepercayaan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.

10. Fiqiyah Ulul Azmi (Samen) dan Gikano Sabilah (Nenon) sahabat setia penulis.
11. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih kurang sempurna. Oleh karena itu penulis menerima segala masukan baik berupa saran, kritik, dan segala bentuk tegur sapa demi kesempurnaan laporan ini.

Demikian laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan dengan harapan dapat bermanfaat dalam akademik baik bagi penulis sendiri maupun bagi pembaca.

Surabaya, 13 Juli 2018

Penulis.

DAFTAR ISI

| | |
|--|--|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PENGESAHAN I..... | Ошибка! Закладка не определена. |
| HALAMAN PENGESAHAN II..... | Ошибка! Закладка не определена. |
| ABSTRAK..... | v |
| ABSTRACT | vi |
| KATA PENGANTAR | vii |
| DAFTAR ISI | ix |
| DAFTAR GAMBAR..... | xi |
| DAFTAR TABEL | xii |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Tujuan..... | 2 |
| 1.4 Batasan Masalah..... | 2 |
| 1.5 Manfaat..... | 3 |
| 1.6 Sistematika Laporan | 3 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Sistem Pirolisis | 5 |
| 2.2 Jenis-jenis Plastik | 5 |
| 2.3 Sensor Berat (<i>Load Cell</i>)..... | 7 |
| 2.4 Motor Servo..... | 10 |
| 2.5 Mikrokontroler ATmega 16..... | 11 |
| 2.6 LCD 16x4..... | 13 |
| 2.7 <i>Power Supply</i> 12 VDC 2A | 15 |
| 2.8 MCB (<i>Miniature Circuit Breaker</i>) | 16 |
| 2.9 Pengendalian <i>ON-OFF</i> | 17 |
| 2.10 Analisa Sumber-Sumber Ketidakpastian | 17 |
| BAB III METODOLOGI..... | 25 |
| 3.1 Diagram Alir..... | 25 |
| 3.2 Gambaran Umum <i>Plant</i> | 26 |
| 3.3 Perancangan Hardware..... | 28 |

| | |
|---|--|
| BAB IV PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN..... | 29 |
| 4.1 Perencanaan Pisau | 29 |
| 4.2 Analisis Torsi Pemotong | 30 |
| 4.3 Analisis Daya Pemotongan..... | 30 |
| 4.4 Gaya Efektif <i>Belt</i> | 31 |
| 4.5 Mencari Gaya pada Pisau | 32 |
| 4.5 Pengujian Kalibrasi Sensor..... | 32 |
| 4.5 Data Karakteristik Statik Sensor..... | 36 |
| 4.6 Pengujian Respon Sistem Pengendalian..... | 39 |
| 4.8 Pembahasan | 40 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... | 41 |
| 5.1 Kesimpulan..... | Ошибка! Закладка не определена. |
| 5.2 Saran..... | Ошибка! Закладка не определена. |
| DAFTAR PUSTAKA | 43 |
| LAMPIRAN A PROGRAM KODING | 45 |
| LAMPIRAN B SPESIFIKASI SENSOR, MIKRO- KONTROLER ATMEGA 16, DAN MOTOR SERVO DSS M15..... | 53 |
| BIODATA PENULIS | 59 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2. 1 Nomor kode plastik..... | 7 |
| Gambar 2. 2 Bentuk fisik load cell | 7 |
| Gambar 2. 3 Konfigurasi kabel sensor <i>load cell</i> | 8 |
| Gambar 2. 4 Modul penguat HX711 | 9 |
| Gambar 2. 5 Skema HX711 | 9 |
| Gambar 2. 6 Motor servo..... | 10 |
| Gambar 2. 7 Mikrokontroler ATMega 16 | 11 |
| Gambar 2. 8 Diagram blok ATMega16..... | 11 |
| Gambar 2. 9 Konfigurasi pin ATMega 16..... | 12 |
| Gambar 2. 10 LCD 16x4 | 14 |
| Gambar 2. 11 <i>Power supply switching</i> 12VDC..... | 15 |
| Gambar 2. 12 MCB Shukaku 220 V 6A..... | 16 |
| Gambar 2. 13 Aksi kontrol <i>on-off</i> | 17 |
| Gambar 2. 14 Diagram penentuan nilai ketidakpastian baku dari data tipe A dan B..... | 18 |
| Gambar 3. 1 Diagram alir pengerjaan Tugas Akhir..... | 25 |
| Gambar 3. 2 Perancangan desain <i>plant</i> | 27 |
| Gambar 3. 3 Perancangan P&D | 27 |
| Gambar 3. 4 Diagram blok sistem pengendalian berat..... | 28 |
| Gambar 3. 5 Perancangan <i>hardware</i> | 28 |
| Gambar 4. 1 Keseluruhan mekanik | 29 |
| Gambar 4. 2 Grafik histerisis..... | 38 |
| Gambar 4. 3 Respon <i>on-off</i> pembacaan sensor terhadap waktu | 40 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2. 1 Jenis Plastik, Kode dan Penggunaannya | 6 |
| Tabel 2. 2 Karakteristik LCD | 14 |
| Tabel 4. 1 Hasil Pembacaan Data Naik pada Sensor <i>Loadcell</i> | 32 |
| Tabel 4. 2 Hasil Pembacaan Data Turun pada Sensor <i>Loadcell</i> | 33 |
| Tabel 4. 3 Data Kalibrasi Sensor <i>Loadcell</i> A..... | 33 |
| Tabel 4. 4 Data Kalibrasi Sensor <i>Loadcell</i> B | 34 |
| Tabel 4. 5 Data Karakteristik Sensor..... | 36 |
| Tabel 4. 6 Respon Sistem Pengendalian | 39 |

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi memberikan dampak yang besar bagi kelangsung hidup manusia terutama masalah lingkungan. Limbah plastik menyebabkan permasalahan yang umumnya hampir terjadi di setiap kota besar di Indonesia. Tidak seperti sampah yang ada pada umumnya, limbah plastik merupakan jenis sampah yang sukar diuraikan oleh tanah. Volume sampah plastik dari tahun ke tahun semakin bertambah dan hal tersebut merupakan masalah yang harus ditanggulangi secepatnya [1].

Indonesia berada di peringkat kedua dunia penghasil sampah plastik ke laut yang mencapai sebesar 187,2 juta ton setelah Cina yang mencapai 262,9 juta ton [2].

Sekarang ini banyak masalah yang ditimbulkan oleh limbah sampah plastik, karena sifat unsurnya yang sulit diolah oleh mikroorganisme pengurai yang ada didalam tanah. Namun ada beberapa jenis plastik yang dapat dikumpulkan untuk dijual kembali ke pabrik melalui pemulung dan distributor. Salah satunya adalah botol plastik. Sampai saat ini, pemulung masih mengumpulkan botol minuman plastik dalam keadaan utuh yang dikumpulkan didalam karung kemudian dijual kepada distributor untuk dibawa ke pabrik dan diolah [3].

Hal ini dapat diatasi dengan banyak cara, antara lain dengan menyusun botol plastik sedemikian rupa, sehingga kapasitas di dalam karung lebih banyak. Akan tetapi hal ini tidak akan banyak menghasilkan perubahan. Cara lain adalah dengan mencacah botol plastik hingga menjadi potongan-potongan kecil, yang biasanya dilakukan dengan menggunakan gunting atau pisau. Secara umum, pencacah dapat dilakukan dengan sederhana menggunakan gunting atau mesin. Pencacah gunting dilakukan dengan menggunting botol plastik menjadi beberapa bagian potong kecil-kecil atau menggunakan pisau yang dialasi oleh landasan kayu. Hal ini membutuhkan tenaga kerja yang cukup banyak dan waktu

pengerjaan lama. Sedangkan mesin pencacah hanya terdapat pada industri-industri pengolahan daur ulang plastik saja.

Oleh karena itu, dalam tugas akhir ini akan dirancang dan dibangun sebuah sistem pengendalian berat bahan baku di sebuah mesin *crusher* pada *miniplant* pemanfaatan limbah botol plastik dijadikan BBM, yang berfungsi untuk mengetahui berat *input*-an yang di masukkan ke dalam tangki pemanas proses pirolisis agar sesuai *set point* yang di inginkan, dimana penulis mengkhususkan menggunakan sensor sebagai pendeteksi berat bahan baku kemudian menggunakan mikrokontroler Atmega sebagai otak pengendalian dan motor servo sebagai aksi aktuatornya, Penulis mengangkat topik tersebut dengan judul **“RANCANG BANGUN SISTEM OTOMASI BERAT BAHAN BAKU MESIN CRUSHEER PADA MINIPLANT PRODUKSI BAHAN BAKAR MINYAK (BBM) DARI LIMBAH PLASTIK BERBASIS MIKROKONTROLLER”**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana cara merancang sebuah sistem pengendalian berat bahan baku menggunakan sensor load cell dengan actuator motor servo berbasis microcontroller Atmega?
- b. Bagaimana hasil pengukuran alat yang dibuat?

1.3 Tujuan

Tujuan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Membangun dan merancang sebuah sistem pengendalian berat bahan baku menggunakan sensor loadcell dengan actuator motor servo berbasis mikrokontroler Atmega.
- b. Mengetahui hasil pengukuran dari alat yang telah di buat.

1.4 Batasan Masalah

Perlu diberikan beberapa batasan masalah agar pembahasan tidak meluas dn menyimpang dari tujuan. Adapun batasan masalah dari sistem yang dirancang ini adalah sebagai berikut:

- a. Perancangan sistem pengenalan berat bahan baku di mesin crusher menggunakan mikrokontroller Armega.
- b. Prancangan sistem pengendalian berat bahan baku di mesin crusher menggunakan sensor load cell dan motor servo sebagai aktuatornya.
- c. Pengujian sistem dari rancang bangun yang telah dibuat dengan menguji performasi alat, baik keakuratan dan keoptimalan alat.
- d. Penyusunan hasil teori dari pembuatan *hardware*, analisa data dan kesimpulan dari data dan sistem yang ada.

1.5 Manfaat

Manfaat dari tugas akhir yang diharapkan penulis agar bisa diaplikasikan di dunia nyata adalah sebagai berikut :

1. Sebagai pengendalian pada mesin pencacah botol plastik berat bahan baku sebagai inputan proses pirolisis agar berjalan lebih cepat.
2. Sebagai industri rumah tangga (home industry) untuk mengurangi jumlah sampah botol plastik di lingkungan sekitar.
3. Untuk mengaplikasikan ilmu yang diperoleh selama perkuliahan dan juga menambah daya pikir dan penalaran penulis.

1.6 Sistematika Laporan

Sistematika laporan disusun untuk memberikan gambaran penjas mengenai bagian-bagian tugas akhir, diantaranya:

- a. **BAB I PENDAHULUAN**
Bab ini menjelaskan secara singkat tinjauan secara umum mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika laporan tugas akhir.
- b. **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**
Pada bab ini membahas mengenai teori-teori penunjang yang diperlukan dalam merealisasikan tugas akhir yaitu berupa teori tentang pembuatan mesin pencacah botol plastik, dan

perangkat-perangkat yang digunakan dalam pembuatan tugas akhir ini.

c. **BAB III METODOLOGI**

Bab ini menjabarkan alur proses kegiatan tugas akhir ini dari mulai sampai penyelesaiannya.

d. **BAB IV PROSES PENGUJIAN DAN ANALISA DATA**

Pada bab ini memuat tentang hasil pengujian dari perangkat yang dibuat beserta pembahasannya.

e. **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisi kesimpulan dari pembahasan masalah serta saran yang diberikan untuk pengembangan selanjutnya

f. **DAFTAR PUSTAKA**

Berisi tentang referensi-referensi yang terkait dengan materi pembahasan, berupa buku, jurnal tugas akhir terdahulu, maupun *website* yang dijadikan acuan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Pirolisis

Pirolisis adalah proses dekomposisi termal bahan-bahan polimer seperti plastik dengan pemanasan tanpa melibatkan oksigen di dalamnya. Proses ini umumnya berlangsung pada temperatur antara 400-800⁰C tergantung dari jenis plastik dan target produknya. Produk dari pirolisis ini terdiri dari fraksi gas, cair dan residu padatan. Pada suhu tersebut, plastik akan meleleh dan kemudian berubah menjadi gas. Pada saat proses tersebut, rantai panjang hidrokarbon akan terpotong menjadi rantai pendek. Selanjutnya proses pendinginan dilakukan pada gas tersebut sehingga akan mengalami kondensasi dan membentuk cairan. Cairan inilah yang nantinya menjadi bahan bakar, baik berupa bensin maupun bahan bakar diesel [4].

Sistem pirolisis sampah plastik terintegrasi yang akan dikembangkan terdiri dari beberapa bagian utama yaitu mesin pencacah, mesin pirolisis, mesin pellet arang dan burner. Skema lengkap dari sistem ini berfungsi untuk memperkecil ukuran partikel dari sampah plastik sebelum dimasukkan ke dalam mesin pirolisis dengan tujuan untuk memaksimalkan kapasitas reaktor. Sumber energi yang digunakan untuk pemanasan mesin pirolisis diambil dari gas dan residu padatan hasil pirolisis. Apabila masih belum mencukupi, maka ditambahkan dari minyak hasil pirolisis.

2.2 Jenis-jenis Plastik

Plastik adalah salah satu jenis makromolekul yang dibentuk dengan proses polimerisasi. Polimerisasi adalah proses penggabungan beberapa molekul sederhana (monomer) melalui proses kimia menjadi molekul besar (makromolekul atau polimer). Plastik merupakan senyawa polimer yang unsur penyusun utamanya adalah Karbon dan Hidrogen. Untuk membuat plastik, salah satu bahan baku yang sering digunakan adalah Naphta, yaitu bahan yang dihasilkan dari penyulingan

minyak bumi atau gas alam. Sebagai gambaran, untuk membuat 1 kg plastik memerlukan 1,75 kg minyak bumi, untuk memenuhi kebutuhan bahan bakunya maupun kebutuhan energi prosesnya [5].

Tabel 2. 1 Jenis Plastik, Kode dan Penggunaannya

| No | Jenis Plastik | Penggunaan |
|----|---|--|
| 1 | PET(polyethylene terephthalate) | botol kemasan air mineral, botol minyak goreng, jus, botol sambal, botol obat, dan botol kosmetik |
| 2 | HDPE (High density Polyethylene) | botol obat, botol susu cair, jerigen pelumas, dan botol kosmetik |
| 3 | PVC(PolyvinylChloride) | pipa selang air, pipa bangunan, mainan, taplak meja dari plastik, botol shampoo, dan botol sambal. |
| 4 | LDPE(Low-density Polyethylene) | kantong kresek, tutup plastik, plastik pembungkus daging beku, dan berbagai macam plastik tipis lainnya. |
| 5 | PP(Polypropylene atau Polypropene) | cup plastik, tutup botol dari plastik, mainan anak, dan margarine |
| 6 | PS (Polyst) | kotak CD, sendok dan garpu plastik, gelas plastik, atau tempat makanan dari styrofoam, dan tempat makan plastik transparan |
| 7 | Other(O),jenis plastik lainnya selain dari no.1 – 6 | botol susu bayi, plastik kemasan, gallon air minum, suku cadang mobil, alat-alat rumah tangga, komputer, alat-alat elektronik, sikat gigi, dan mainan lego |

Plastik dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu thermoplastic dan termosetting. Thermoplastic adalah bahan plastik yang jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, akan

mencair dan dapat dibentuk kembali menjadi bentuk yang diinginkan. Sedangkan thermosetting adalah plastik yang jika telah dibuat dalam bentuk padat, tidak dapat dicairkan kembali dengan cara dipanaskan.

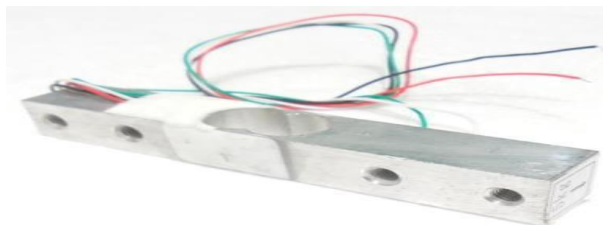
Berdasarkan sifat kedua kelompok plastik di atas, thermoplastik adalah jenis yang memungkinkan untuk didaur ulang. Jenis plastik yang dapat didaur ulang diberi kode berupa nomor untuk memudahkan dalam mengidentifikasi dan penggunaannya seperti pada **Tabel 2.1** dan **Gambar 2.1**.



Gambar 2. 1 Nomor kode plastik

2.3 Sensor Berat (*Load Cell*)

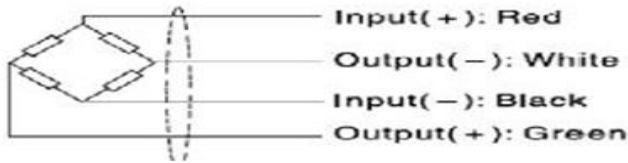
Sensor *load cell* merupakan sensor yang dirancang untuk mendeteksi tekanan atau berat sebuah beban, sensor *load cell* umumnya digunakan sebagai komponen utama pada sistem timbangan digital dan dapat diaplikasikan pada jembatan timbangan yang berfungsi untuk menimbang berat dari truk pengangkut bahan baku, pengukuran yang dilakukan oleh *Load Cell* menggunakan prinsip tekanan.



Gambar 2. 2 Bentuk fisik *load cell*

Konfigurasi kabel dari sensor *load cell*. yang terdiri dari kabel berwarna merah, hitam, biru, dan putih. Kabel merah merupakan input tegangan sensor, kabel hitam merupakan input

ground pada sensor, kabel warna biru / hijau merupakan output positif dari sensor dan kabel putih adalah output ground dari sensor. Nilai tegangan output dari sensor ini sekitar 1,2 mV.



Gambar 2. 3 Konfigurasi kabel sensor *load cell*

Keterangan gambar:

- Kabel merah adalah input tegangan sensor
- Kabel hitam adalah input ground sensor
- Kabel hijau adalah output positif sensor
- Kabel putih adalah output ground sensor

Untuk sensor *load cell* memiliki spesifikasi sebagai berikut :

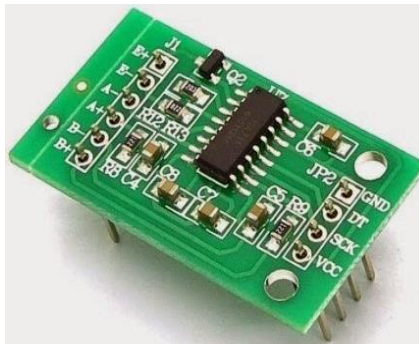
1. Kapasitas 5 kg
2. Bekerja pada tegangan rendah 5-10 VDC atau 5-10 VAC
3. Ukuran sensor kecil dan praktis
4. Input atau output resistensi rendah 3 Nonlinearitas 0,05%
5. Range temperature kerja -10°C - $+50^{\circ}\text{C}$

Adapun prinsip kerja sensor berat (*load cell*) adalah selama proses penimbangan akan mengakibatkan reaksi terhadap elemen logam pada *load cell* yang mengakibatkan gaya secara elastis. Gaya yang ditimbulkan oleh regangan ini dikonversikan kedalam sinyal elektrik oleh *strain gauge* (pengukur regangan) yang terpasang pada *load cell*. Prinsip kerja *load cell* berdasarkan Jembatan *Wheatstone I*.

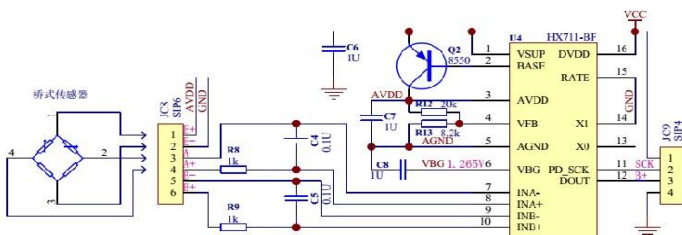
Modul penguat HX711 adalah modul timbangan, yang memiliki prinsip kerja mengkonversi perubahan yang terukur dalam perubahan resistansi dan mengkonversinya ke dalam besaran tegangan melalui rangkaian yang ada. Hx711 presisi 24-bit *analog-to-digital converter* (ADC) yang di desain untuk sensor timbangan digital (weight scales) dan industrial control

aplikasi yang terkoneksi dengan sensor jembatan (bridge sensor). Dikarenakan perubahan resistansi pada *straingauge* yakni dalam rentang μV , sehingga dipergunakan HX711 yang mempunyai ADC 24 bit.

- *Differential input voltage*: $\pm 40\text{mV}$ (Full-scale differential input voltage $\pm 40\text{mV}$)
- *Data accuracy*: 24 bit A / D converter chip.)
- *Refresh frequency*: 80 Hz
- *Operating Voltage* : 5V DC
- *Operating current* : $< 10\text{mA}$
- *Size*: $38\text{mm} \times 21\text{mm} \times 10\text{mm}$



Gambar 2. 4 Modul penguat HX711



Gambar 2. 5 Skema HX711

Load cell mengirimkan hasil timbang yang berbentuk sinyal analog maka di rubah menjadi bentuk sinyal digital, seperti

gambar di atas DOUT, dan PD_SCK mendapat inputan dari load cell dimana weight sensor module akan merubah dari sinyal analog menjadi sinyal analog dengan bentuk seperti getaran pulsa. Dimana pengambilan data dari HX711 dengan komunikasi 2 data yakni data dan *clock*. Saat data atau DOUT dalam keadaan *high* maka tidak terjadi pengambilan data, saat DOUT *low* maka terjadi pengambilan data kemikrokontroler sebagai data digital berat tang telah dikonversi.

2.4 Motor Servo

Motor Servo merupakan motor yang mampu bekerja dua arah (CW dan CCW) dimana arah dan sudut pergerakan rotornya dapat dikendalikan hanya dengan memberikan pengaturan *duty cycle* sinyal PWM pada bagian pin kontrolnya. Disamping itu motor servo merupakan sebuah motor DC yang memiliki rangkaian *control* dan *internal gear* untuk mengendalikan pergerakan dan sudut angularnya (Jaya, 2014). Motor servo yang digunakan tipe HX12K dari HexTronik karena beberapa alasan, yaitu:

1. Mempunyai kemampuan menarik beban sampai 10kg,
2. Memiliki bobot yang ringan hanya 55g,
3. Kecepatan tinggi, 0,16 detik/60 derajat,
4. HX12K sudah dilengkapi dengan *gear* berbahan metal yang jauh lebih kuat dibandingkan dengan *gear* berbahan plastik/nylon.



Gambar 2. 6 Motor servo

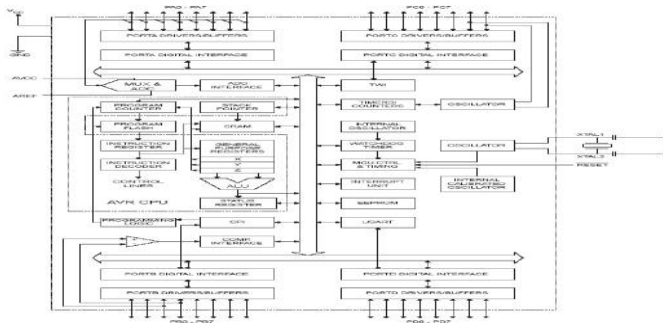
2.5 Mikrokontroler ATmega 16

ATmega16 adalah mikrokontroler CMOS 8 bit daya rendah berbasis arsitektur RISC. Instruksi dikerjakan pada satu siklus clock, ATmega16 mempunyai *throughput* mendekati 1 MIPS per MHz, hal ini membuat ATmega16 dapat bekerja dengan kecepatan tinggi walaupun dengan penggunaan daya rendah. Mikrokontroler ATmega16 memiliki beberapa fitur atau spesifikasi yang menjadikannya sebuah solusi pengendali yang efektif untuk berbagai keperluan. Bentuk fisik dari mikrokontroler ATmega16 dapat dilihat pada **Gambar 2.7**.



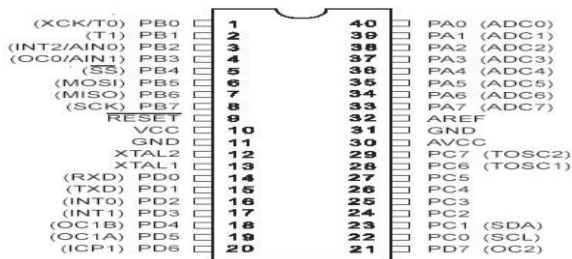
Gambar 2.7 Mikrokontroler ATmega 16

Blok Diagram ATmega8535 mempunyai empat buah port yang bernama *PortA*, *PortB*, *PortC*, dan *PortD*. Serta mempunyai tiga buah *time counter*. Mempunyai SRAM sebanyak 512 *byte* Dibawah ini merupakan gambar diagram blok dari ATmega 16 yang dapat dilihat pada **Gambar 2.8**.



Gambar 2.8 Diagram blok ATmega16

Adapun mikrokontroler ATmega 16 memiliki 40 buah pin yang memiliki konfigurasi tersendiri. ATmega 16 memiliki 4 buah port I/O yaitu Port A (PA.0-PA.7), Port B (PB.0-PB.7), Port C (PC.0-PC.7), dan Port D (PD.0-PD.7). Berikut konfigurasi pin ATmega 16 yang dapat dilihat pada **Gambar 2.9**. Pin-pin tersebut memiliki fungsi-fungsi yang berbeda. Begitu juga dengan port-port dari ATmega16 yang memiliki sifat *bidirectional*.



Gambar 2.9 Konfigurasi pin ATmega 16

Berikut ini penjelasan dari masing-masing pin ATmega 16:

- VCC Merupakan pin sumber tegangan *supply* sebesar 5V DC.
- GND Merupakan pin *ground* yang berfungsi untuk menetralkan arus.
- Port A (PA.0-PA.7) Port A berfungsi sebagai *input analog* ke ADC. Port A juga dapat berfungsi sebagai Port I/O 8 bit *bidirectional*, jika ADC tidak digunakan. Pin pada port dapat menyediakan resistor *pull-up internal* (dipilih untuk setiap bit).
- Port B (PB.0-PB.7) Port B merupakan port I/O 8 bit *bidirectional* dengan resistor *pull-up internal* (dipilih untuk setiap bit).
- Port C (PC.0-PC.7) Port C merupakan port I/O 8 bit *bidirectional* dengan resistor *pull-up internal* (dipilih untuk setiap bit).

- f. *Port D (PD.0-PD.7)* *Port D* merupakan *port I/O* 8 bit *bidirectional* dengan resistor *pull-up internal* (dipilih untuk setiap bit).
- g. *RESET Input reset*. Level rendah pada pin ini selama lebih dari panjang pulsa minimum akan menghasilkan *reset*, walaupun *clock* sedang berjalan.
- h. *XTAL1 dan XTAL2* Pin *XTAL* merupakan pin yang digunakan untuk penggunaan *osilator eksternal* berupa kristal keramik dengan nilai frekuensi 3,5 MHz sampai 24 MHz. *XTAL1* sebagai *Input* penguat osilator *inverting* dan input pada rangkaian operasi *clock internal*. Sedangkan *XTAL2*, sebagai *output* dari penguat osilator *inverting*.
- i. *AVCC* adalah pin tegangan *supply* untuk *portA* dan *ADC*. Pin ini harus dihubungkan ke *VCC* walaupun *ADC* tidak digunakan. Jika *ADC* digunakan, maka pin ini harus dihubungkan ke *VCC* melalui *low pas filter* *AREF*.
- j. *AREF* adalah pin referensi tegangan analog untuk *AD*.

Memungkinkan terbentuk 8 *input* tegangan *single-ended* yang masuk melalui pin pada *Port A*. *ADC* memiliki pin *supply* tegangan analog yang terpisah yaitu *AVCC*. Besarnya tegangan *AVCC* adalah $\pm 0.3V$ dari *VCC*. Tegangan referensi *ADC* dapat dipilih menggunakan tegangan referensi internal maupun eksternal. Jika menggunakan tegangan referensi internal, bias dipilih *on-chip internal reference voltage* yaitu sebesar 2,56 volt atau sebesar *AVCC*. Jika menggunakan tegangan referensi eksternal dapat dihubungkan melalui pin *AREF*. *ADC* mengkonversikan tegangan input analog menjadi data digital 8 bit atau 10 bit. Data digital tersebut akan disimpan didalam *ADC* data register yaitu *ADCH* dan *ADCL*. Sekali *ADC* dibaca, maka akses ke data register tidak bias dilakukan, dan ketika *ADCH* dibaca maka akses ke data register kembali *enable*.

2.6 LCD 16x4

Liquid crystal display (LCD) merupakan sejenis *crystal* yang akan berpendar jika diberi tegangan tertentu, sehingga perpendaran tersebut dapat diatur untuk membentuk karakter,

angka, huruf dan lain sebagainya. LCD dapat diprogram agar sesuai dengan aplikasi yang telah dirancang. LCD pada prinsipnya sama dengan penampil dot matrik. Terdapat dua jenis LCD yaitu LCD teks dan LCD grafik. LCD teks adalah jenis LCD yang digunakan untuk menampilkan teks atau angka dalam kode ASCII. LCD teks yang ada dalam teks dibagi dalam sel, dimana setiap selnya hanya dapat menampilkan karakter ASCII. Sedangkan *graphic* LCD dapat menampilkan gambar.



Gambar 2. 10 LCD 16x4

Liquid crystal display (LCD) yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah menggunakan *liquid crystal display (LCD) teks* ukuran 16x4, dimana LCD ini mempunyai 4 baris dan setiap barisnya dapat menampilkan hingga 16 karakter. Pemrograman LCD karakter pada CVAVR relatif lebih mudah dibandingkan jika menggunakan *software* standar C, seperti WinAVR.

Tabel 2. 2 Karakteristik LCD

| Fungsi | PIN | Deskripsi | Data Logika | Keterangan |
|-----------------|-----|-----------------|--------------|------------|
| Ground | 1 | VSS (Ground) | - | 0 V |
| Tegangan Sumber | 2 | VDD (VCC) | - | +5 V |
| Kontras | 3 | VEE | - | 0-Vdd |
| Kendali LCD | 4 | RS | 0/1 | |
| Data | 5 | R/W | 0/1 | |
| | 6 | E | 0/1/floating | |
| | 7 | D0 | | Bit 0 |
| | 8 | D1 | 0/1 | Bit 1 |
| | 9 | D2 | 0/1 | Bit 2 |

| | | | | |
|--|----|----|-----|-------|
| | 10 | D3 | 0/1 | Bit 3 |
| | 11 | D4 | 0/1 | Bit 4 |
| | 12 | D5 | 0/1 | Bit 5 |
| | 13 | D6 | 0/1 | Bit 6 |
| | 14 | D7 | 0/1 | Bit 7 |

2.7 Power Supply 12 VDC 2A

Power supply adalah bagian pencatu daya bagi rangkaian elektronika. Fungsi utama rangkaian *power supply* adalah mengubah tegangan AC jala-jala listrik menjadi tegangan DC yang dibutuhkan. Salah satu jenis *Power supply* yang lazim digunakan yakni jenis *power supply* SMPS. *Switch Mode Power supply (SMPS)* karena sistem kerjanya menggunakan metode switching (pensaklaran) yaitu menghidup matikan tegangan yang masuk ke dalam trafo dengan peralatan/komponen elektronik dengan frekuensi tertentu. Sedangkan nama *AC-matic* diambil dari salah satu kelebihan dari SMPS yaitu kemampuan *power supply* bekerja dengan rentang tegangan masukan yang lebar. Pada beberapa jenis smps, mampu bekerja pada tegangan masukan antara 90 s/d 265V dengan output yang sama dan stabil. Karena kelebihan tersebut, smps menjadi *auto-voltage regulator* atau *wide range input regulated power supply* (secara mudahnya disebut *AC-matic*).



Gambar 2. 11 *Power supply switching 12VDC*

Adapun cara pemakaiannya adalah:

- Kabel Listrik dihubungkan ke lambang (N&L) Input AC.

- b. Lambang $-V$ dihubungkan 12V- (min).
- c. Lambang $+V$ dihubungkan 12V+ (plus).
- d. Lambang V_{ADJ} untuk mengatur tegangan DC supaya tepat menjadi 12 VDC.

2.8 MCB (*Miniature Circuit Breaker*)

MCB (Miniature Circuit Breaker) atau Miniatur Pemutus Sirkuit adalah sebuah perangkat elektromekanikal yang berfungsi sebagai pelindung rangkaian listrik dari arus yang berlebihan. Dengan kata lain, MCB dapat memutuskan arus listrik secara otomatis ketika arus listrik yang melewati MCB tersebut melebihi nilai yang ditentukan. Namun saat arus dalam kondisi normal, MCB dapat berfungsi sebagai saklar yang bisa menghubungkan atau memutuskan arus listrik secara manual.

MCB pada dasarnya memiliki fungsi yang hampir sama dengan Sekering (FUSE) yaitu memutuskan aliran arus listrik rangkaian ketika terjadi gangguan kelebihan arus. Terjadinya kelebihan arus listrik ini dapat dikarenakan adanya hubungan singkat (*Short Circuit*) ataupun adanya beban lebih (*Overload*). Namun MCB dapat diaktifkan kembali ketika rangkaian listrik sudah normal, sedangkan *Fuse/Sekering* yang terputus akibat gangguan kelebihan arus tersebut tidak dapat digunakan lagi.



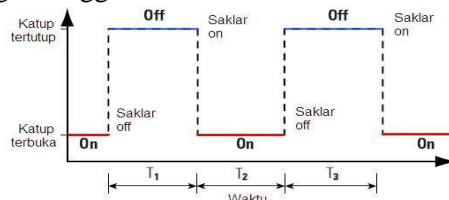
Gambar 2. 12 MCB Shukaku 220 V 6A

Biasanya MCB digunakan oleh pihak PLN untuk membatasi arus sekaligus sebagai pengaman dalam suatu instalasi listrik. MCB berfungsi sebagai pengaman hubung singkat (konsleting) dan juga berfungsi sebagai pengaman beban lebih. MCB akan secara otomatis dengan segera memutuskan arus apabila arus yang melewatinya melebihi dari arus nominal yang telah

ditentukan pada MCB tersebut. Arus nominal yang terdapat pada MCB adalah 1A, 2A, 4A, 6A, 10A, 16A, 20A, 25A, 32A dan lain sebagainya. Nominal MCB ditentukan dari besarnya arus yang bisa ia hantarkan, satuan dari arus adalah *Ampere*, untuk kedepannya hanya akan saya tulis dengan A. Jadi jika MCB dengan arus nominal 2 *Ampere* maka hanya perlu ditulis dengan MCB 2A.

2.9 Pengendalian ON-OFF

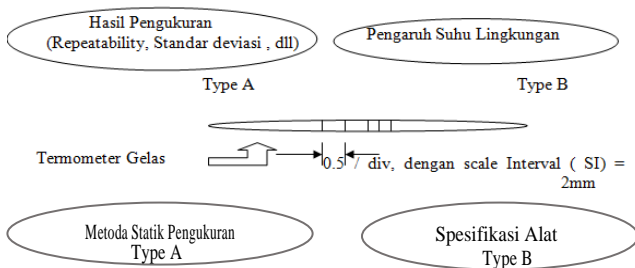
Karakteristik kontroler *on – off* ini hanya bekerja pada 2 posisi, yaitu on dan off. Kerja kontroler on – off banyak digunakan pada aksi pengontrolan yang sederhana karena harganya murah. Karena sistem kerja yang digunakan adalah on – off saja, hasil output dari sistem pengendalian ini akan menyebabkan proses variabel tidak akan pernah konstan. Besar kecilnya fluktuasi process variabel ditentukan oleh titik dimana controller dalam keadaan on dan off. Pengendalian dengan aksi kontrol ini juga menggunakan feedback.



Gambar 2. 13 Aksi kontrol *on-off*

2.10 Analisa Sumber-Sumber Ketidakpastian

Sumber-sumber ketidakpastian yang turut memberikan kontribusi selain ada pada diri manusia sendiri sebagai pelakuk pengukuran / kalibrasi.



Gambar 2. 14 Diagram penentuan nilai ketidakpastian baku dari data tipe A dan B

Ketidakpastian juga pada alat-alat bantu (kalibrator) yang digunakan untuk mengukur suhu pasien tersebut, juga resolusi alatnya, pengaruh suhu lingkungan. Secara rinci dari sumber-sumber ketidakpastian dapat digambarkan pada **Gambar 2.14**. Untuk mengevaluasi masing-masing sumber ketidakpastian tersebut, diperlukan analisa dengan menggunakan metoda statistik, yang disebut analisa *type A*, dan analisa *type B* berdasarkan adanya sertifikat kalibrasi atau tidak dan spesifikasi dari alat tersebut. untuk lebih jelasnya dapat dilihat sebagai berikut:

a. Analisa *Type A*, (U_a)

Pada tipe ini biasanya ditandai dengan adanya data pengukuran, misalnya n kali pengukuran, maka selanjutnya dari data tersebut, akan ditemukan nilai rata-ratanya, standar deviasinya, dan atau *repeatability*-nya. Bentuk kurva dari tipe ini adalah sebaran *Gauss*. Rumus umum ketidakpatian untuk tipe A ini adalah:

$$U_{A1} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (2.1)$$

Dimana:

σ = Standar deviasi

n = Banyaknya data

Rumus standar deviasi (σ) sendiri adalah sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum(y_i - \bar{y})^2}}{n-1} \quad (2.2)$$

Dimana:

y_i = nilai koreksi ke- i

\bar{y} = rata-rata nilai koreksi

σ = Standard Deviasi

Sedangkan untuk U_{a2} rumusnya dapat diketahui seperti di bawah ini:

$$U_{A2} = \sqrt{\frac{SSR}{n}} \quad (2.3)$$

Dimana:

SSR (*Sum Square Residual*) = ΣSR (*Square Residual*)

$SR = R^2$ (*Residu*)

$$SSR = \sum R^2 \quad (2.4)$$

$$R = Y_i - Y_{Reg} \quad (2.5)$$

$$Y_{Reg} = a + bX_i \quad (2.6)$$

$$a = \bar{y} + (b\bar{x}) \quad (2.7)$$

$$b = \frac{n \cdot \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (2.8)$$

b. Analisa *Type B* (U_b)

Pada analisa tipe ini akan digunakan selain metode statistik, yaitu berdasarkan adanya sertifikat kalibrasi atau tidak dan spesifikasi dari alat tersebut. Berhubung dalam laporan ini alat ukur standar yang dipakai tidak ada sertifikat kalibrasi, maka rumusnya adalah sebagai berikut:

$$U_{B1} = \frac{a}{\sqrt{3}} \quad (2.9)$$

$$U_{B2} = \frac{0,5 \text{ Resolusi}}{\sqrt{3}} \quad (2.10)$$

Dimana:

U_{B1} = Ketidakpastian dari alat standar

U_{B2} = Ketidakpastian resolusi

c. Ketidakpastian Kombinasi (U_c)

Selanjutnya dari semua sumber ketidakpastian tersebut harus dikombinasikan atau digabungkan untuk memberikan gambaran menyeluruh ketidakpastian dari hasil kalibrasi tersebut. Rumus umum ketidakpastian kombinasi adalah:

$$U_c = \sqrt{\sum (U_a)^2 + \sum (U_b)^2} \quad (2.11)$$

Atau secara umum:

$$U_c^2 = \sum (C_i \cdot U_i)^2 \quad (2.12)$$

Dengan C_i = Koefisien sensitifitas dari ketidakpastian ke-i

d. Derajat Kebebasan Efektif (V_{eff})

Nilai faktor cakupan, k untuk perkalian ketidakpastian diperluas diatas didapat dari derajat kebebasan efektif, V_{eff} , dengan rumus:

$$V_{\text{eff}} = \frac{(U_c)^4}{\sum (U_i)^4 / V_i} \quad (2.13)$$

Dengan:

U_c = Ketidakpastian kombinasi/gabungan

U_i = Ketidakpastian individual ke-i

V_i = Derajat kebebasan pada ketidakpastian individual ke-i

e. Tingkat Kepercayaan (U_{95})

Tingkat kepercayaan merupakan tingkatan keyakinan akan keberadaan nilai sebenarnya pada suatu tindak pengukuran dengan menggunakan alat tertentu.

f. Faktor Cakupan (k)

Faktor cakupan merupakan faktor pengali pada ketidakpastian, sehingga membentuk cakupan logis pada penggunaan keseharian. Faktor cakupan dicari menggunakan tabel *T-Student Distribution*

g. Ketidakpastian Diperluas (U_{exp})

Dalam pelaporan ketidakpastian hasil pengukuran/kalibrasi yang dilaporkan adalah ketidakpastian yang sudah dalam perluasan (*expanded*), sehingga hasil tersebut sangat logis dalam kenyataan, selain itu dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95 %, seperti lazimnya dipakai dalam pelaporan-pelaporan saat ini, lain halnya jika ada pengecualian dengan mengambil tingkat kepercayaan tertentu. Rumus ketidakpastian diperluas (*expanded uncertainty*) adalah:

$$U_{\text{exp}} = k U_c \quad (2.14)$$

Dengan:

U_{95} = Ketidakpastian diperluas

k = Faktor Cakupan

U_c = Ketidakpastian kombinasi

h. Kecepatan Potong v dalam m/menit

$$V = \frac{\pi dn}{1000} \quad (2.15)$$

$$d = \frac{d_o + d_i}{2} \quad (2.16)$$

Dimana:

d = diameter rata – rata pahat gurdi (mm)

d_0 = diameter pahat gurdi (mm)

d_i = diameter di ujung pahat gurdi (mm)

n = putaran poros utama atau spindel (rpm atau putaran/menit)

i. Kecepatan Pemakanan v_f dalam mm/menit

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n \quad (2.17)$$

Dimana:

f_z = gerak pamakan (mm/putaran /mata potong)

z = jumlah mata potong

j. Kedalaman Potong a dalam mm

$$A = \frac{d_0 - d_i}{2} \quad (\text{mm}) \quad (2.18)$$

k. Waktu Pemotongan Sesungguhnya t_c dalam menit

$$T_o = \frac{L_{t,i}}{V_f} \quad (\text{mm}) \quad (2.19)$$

$$L_t = L_v + L_w + L_n \quad (\text{mm}) \quad (2.20)$$

Dimana:

I = banyaknya pemotongan (kali)

L_t = panjang pemotongn total (mm)

L_v = panjang pengawalan (mm), $L_v > 0$

L_w = panjang pemotonga sesungguhnya (mm)

L_n = panjang pengakhiran (mm)

$$L_n > \frac{(d_0 - d_i) / 2}{\tan k_r}$$

l. Kecepatan Penghasilan gram Z dalam cm^3/menit

$$Z = A \frac{V_f}{1000} = \frac{n d^2}{4} \frac{v_f}{1000} \quad (\text{cm}^3 / \text{menit}) \quad (2.21)$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4} ; h = f_z \sin k_r \quad \text{dan} \quad b = \frac{a}{\sin k_r} \quad (2.22)$$

Dimana:

A = luas penampang geram (mm^2)

b = lebar geram (mm)

h = tebal geram (mm)

k_r = sudut potong utama (derajat)

m. Perhitungan Penentuan Torsi

$$T = F \cdot r \quad (2.23)$$

Dimana:

T = Torsi

F = Gaya Pemotongan

r = Panjang Lengan

n. Perhitungan Putaran Poros

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} \quad (2.24)$$

Dimana:

n1 = putaran motor

n2 = putaran poros

d1 = diameter pulley motor

d2 = diameter pulley poros

o. Perhitungan Kecepatan Sudut

$$\omega = \frac{\pi \cdot n_2}{30} \quad (2.25)$$

Dimana:

ω = Kecepatan sudut

n2 = Putaran Poros

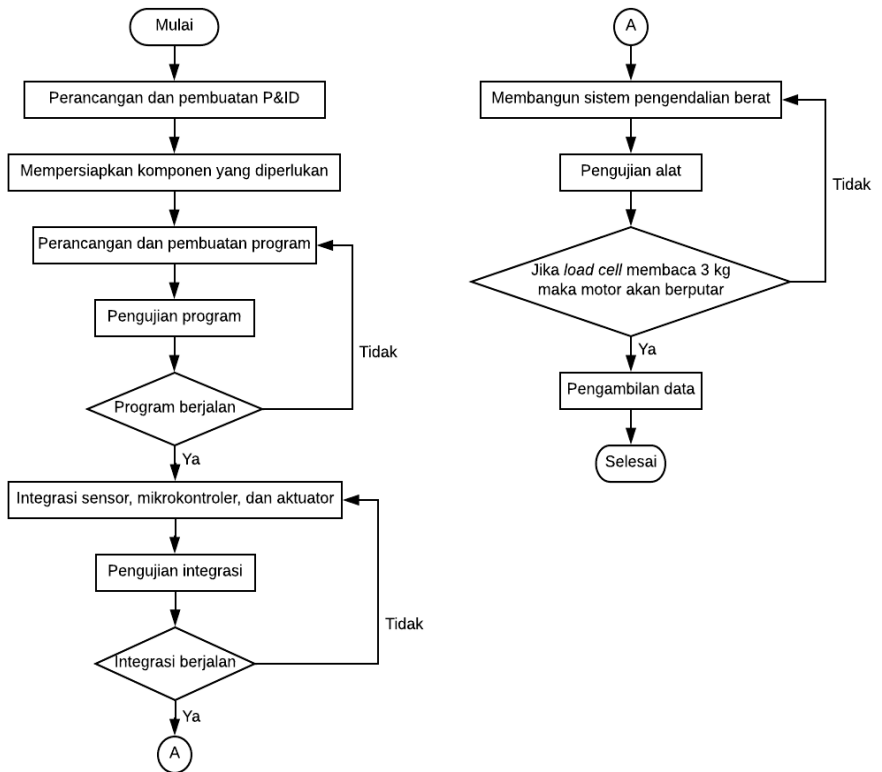
π = 3,14

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODOLOGI

3.1 Diagram Alir

Pada bab ini akan diuraikan mengenai perencanaan dan pembuatan alat pencacah botol plastik, proses pembuatan dan penyelesaian alat Tugas Akhir ini digambarkan dalam diagram alir berikut:



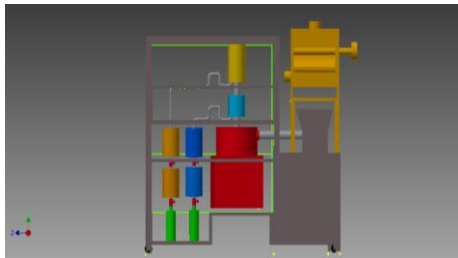
Gambar 3. 1 Diagram alir pengerjaan Tugas Akhir

Langkah dari perancangan Sistem pengendalian berat beban pada Proses pembuatan alat rancang bangun alat pengolahan limbah plastic menjadi BBM adalah sebagai berikut

1. Pengumpulan spesifikasi komponen yang akan digunakan dan studi literatur dari banyak penelitian mengenai sistem penegendalian berat dengan menggunakan sensor load sel
2. Merancang perangkat keras dan perangkat lunak sistem pengendalian dan penyimpanan data.pada tahap ini di lakukan pemasangan rangkaian dengan sensor. Sensor yang terpasang pada alat ini adalah sensor berat (loadcell) kemudian akan di hubungkan ke modul penguat agar nilai resistansi yang di baca oleh sensor kuat sebelum masuk ke mikrokontroller setelah itu akan mendapatkan respon sesuai dengan set point atau tidak.
3. Menguji coba sistem pengendalia sensor yang sudah terpasang dengan membandingkan alat ukur standart. Dalam tahap ini alat yang sudah di rangkai kemudian di kalibrasi untuk mengetahui tingkat akurasi dari alat tersebut.
4. Apabila sistem pengendalian sudah bekerja dengan benar maka akan di lanjutkan dengan pembuatan sistem monitoring keseluruhan sistem pada perancangan alat ini.
5. Setelah semua pada perancangan software dan hardwire sudah selesai maka tahap selanjutnya dalah pembuatan susunan laporan sehingga dapat di katakan sistem ini telah selesai dan siap untuk di gunakan.

3.2 Gambaran Umum *Plant*

Secara umum, *plant* dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 3. 2 Perancangan desain plant

3.2.1 P&ID Plant

Berikut adalah diagram perancangan P&ID:

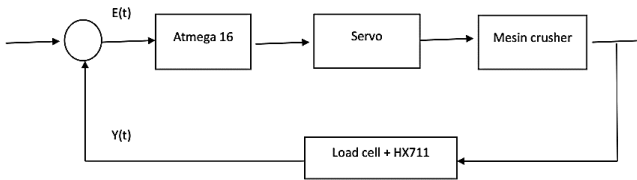


Gambar 3. 3 Perancangan P&D

3.2.2 Diagram Blok Sistem Pengendalian Berat Bahan Baku

Dalam perancangan mekanik terdiri dari beberapa komponen mekanik seperti mesin crusher sebagai mesin pencacah plastik yang terdiri dari 6 pisau , 4 pisau poros dan 2 pisau tetap, kemudian motor AC 3 phase sebagai penggerak poros yang di sambungkan dengan sabuk belt. Selain itu terdapat juga perancangan elektrik yang meliputi rangkaian *power supply*, rangkaian minimum sistem mikrokontroler, rangkaian *driver* sensor dan rangkaian LCD. Dalam rancang bangun sistem pengendalian berat bahan baku untuk proses pirolisis di mana terdiri dari beberapa bagian penting yaitu sensor, sinyal pengonsisian, sinyal pemrosesan dan aksi dari aktuator.

Gambar 3.4 berikut merupakan gambar digram blok sistem pengendalian berat bahan baku proses pirolisis berupa hasil cacahan limbah plastik dari mesin *crusher*.



Gambar 3. 4 Diagram blok sistem pengendalian berat

3.3 Perancangan Hardware

Pada perancangan Hardware terdapat beberapa tahap, yaitu pembacaan sensor berat, penampilan hasil ke *LCD Display*, kemudian setelah mencapai setpoint berat maka actuator motor servo akan memutar dan mendelay sampai hasil cacahan plastik tersebut tertumpah.



Gambar 3. 5 Perancangan *hardware*

Mesin pencacah plastik menggunakan 1 *phase* 3 Pk menggunakan pisau jenis baja. Mata pisau ini adalah ada satu poros yang terdapat 4 kepingan plat tebal yang tajam dan 2 plat pisau tetap. Pada saat proses pencacahan dengan tipe pisau tersebut akan lebih cepat dan lembut karena terdapat filter di

bawah pisau sebagai ukuran cacahan yang di harapkan, dan menggunakan motor AC 3 fase dengan RPM 1400 sehingga untuk mencacah sesuai *set point* akan berjalan lebih cepat.

BAB IV

PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini di jelaskan data yang telah di ambil dari hasil penelitian rancang bangun pengendalian berat bahan baku mesin crusher pada mini plant pemanfaatan limbah botol plastic menjadi BBM. Analisa data yang akan dilakukan perhitungan tentang, gaya potong, torsi, putaran poros dan hasil uji pengujian sensor *loadcell*.



Gambar 4. 1 Keseluruhan mekanik

4.1 Perencanaan Pisau

Pisau direncanakan terdiri atas 3 pisau bergerak dengan spesifikasi perencanaan pisau bergerak:

P x l x t (120 mm x 40 mm x 8 mm) yang dipasangkan pada poros dengan spesifikasi perencanaan poros : ($\varnothing 24$ mm x 390 mm).

4.2 Analisis Torsi Pemotongan

Setelah diketahui gaya pemotongan, maka torsi dapat ditentukan dengan menggunakan rumus:

Diketahui,

Gaya Pemotongan (F_p) = 6 kgf

Jari-jari pisau (r) = 30 mm

Maka besar Torsi Pemotongan yang terjadi adalah,

$$\begin{aligned}\tau &= F_p \cdot r \\ &= 6 \text{ kgf} \cdot 30 \text{ mm} \\ &= 180 \text{ kgf} \cdot \text{mm}\end{aligned}$$

4.3 Analisis Daya Pemotongan

Daya pemotongan dapat di ketahui dengan rumus sebagai berikut:

$$\tau = 9,74 \cdot 10^5 \frac{p}{n} \quad (4.1)$$

Keterangan:

τ = Torsi (kgf.mm)

p = Daya Perencanaan (Kw)

n = putaran poros (rpm)

4.3.1 Analisis Putaran Poros

Setelah menghitung Daya Pemotongan, maka perlu mengetahui nilai putaran poros melalui rumus perbandingan *pulley*, yaitu diketahui:

$$\begin{aligned}n_1 &= 1400 \text{ rpm} \\ d_2 &= 3,5 \text{ in} \cdot 25,4 = 88,9 \text{ mm} \\ d_1 &= 4 \text{ in} \cdot 25,4 = 101,4 \text{ mm} \\ \frac{n_1}{n_2} &= \frac{d_2}{d_1} = \frac{1400 \text{ rpm}}{n_2} = \frac{88,9}{101,4} \\ n_2 &= 1596,85 \text{ rpm}\end{aligned}$$

Setelah di ketahui putaran poros , maka dapat mencari Daya Pemotongan sebagai berikut:

$$T = 9,74 \cdot 10^5 \frac{p}{n}$$

$$180 \text{ kgf.mm} = 9,74.10^5 \cdot \frac{p}{1596,85 \text{ rpm}}$$

$$\frac{180 \text{ kgf.mm}}{9,74.10^5} = \frac{p}{1596,85}$$

Sehingga,

$$P = 0,295 \text{ Kw} = 295 \text{ Watt} = 0,395 \text{ HP}$$

Motor yang di gunakan adalah motor $\frac{1}{2}$ PK atau $\frac{1}{2}$ HP dengan putaran 1400 rpm. 1 HP = 0,746 KW.

4.3.2 Analisis Kecepatan Sudut

Langkah selanjutnya adalah menghitung kecepatan sudut dengan rumus sebagai berikut.

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 1596,85}{30} = 167,13 \text{ rad/sec}$$

4.4 Gaya Efektif Belt

Diketahui:

$$\mu = 0,3 \text{ dan } \theta = 3,11 \text{ rad}$$

Maka,

$$Fe = F1 - F2$$

$$F1/F2 = e^{\mu' \theta}$$

$$F1/F2 = e^{0,3 \cdot 3,11}$$

$$F1 = 2,54 F2$$

- $T_{total} = T_{pisau} + T_{gerinda}$
 $= F_{pisau} \cdot R_p + F_{gerinda} \cdot R_g$
 $= 6 \text{ Kgf} \cdot 40 \text{ mm} + 2 \text{ Kgf} \cdot 150 \text{ mm}$
 $= 540 \text{ Kgf.mm}$
- $Fe = \frac{T_{total}}{R_{(pisau + gerinda)}} = \frac{540 \text{ kgf.mm}}{190 \text{ mm}} = 2,84 \text{ kgf}$
- $Fe = F1 - F2$
 $2,84 \text{ Kgf} = 2,54 F2 - F2$
 $2,84 \text{ Kgf} = 1,54 F2$
 $F2 = \frac{2,84 \text{ Kgf}}{1,54}$
 $F2 = 1,84 \text{ Kgf} = 18,09 \text{ N}$

Sehingga,

$$F1 = 2,54 F2$$

$$= 2,54 \cdot 1,84 \text{ Kgf}$$

$$= 4,67 \text{ Kgf} = 45,84 \text{ N}$$

4.5 Mencari Gaya pada Pisau

Untuk mengetahui gaya yang terjadi pada pisau maka dapat di gunakan perhitungan sebagai berikut:

- Mencari momen torsi yang terjadi pada pisau

$$\begin{aligned}
 \curvearrowright + \sum M_t &= F_1 \cdot r_1 \text{ pulley} - F_2 \cdot r_2 \text{ pulley} \\
 &= 45,84 \text{ N} \cdot 4 \text{ in} - 18,09 \text{ N} \cdot 3,5 \text{ in} \\
 &= 45,84 \cdot 4 \text{ in} \cdot (0,0254 \text{ m}) - 18,09 \cdot 3,5 \text{ in} \cdot (0,0254 \text{ m}) \\
 &= 4,65 \text{ Nm} - 1,60 \text{ Nm} \\
 &= 3,05 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

$$F_{\text{Gerinda}} = 2 \text{ Kgf} \cdot 9,81 = 19,62 \text{ N}$$

4.5 Pengujian Kalibrasi Sensor

Kalibrasi sensor ini sangat diperlukan agar keluaran sensor dapat sesuai dengan yang sudah ditetapkan atau standart. Selain itu dengan adanya kalibrasi dapat digunakan untuk mencari nilai ketidakpastian suatu alat ukur.

Tabel 4. 1 Hasil Pembacaan Data Naik pada Sensor *Loadcell*

| Pembacaan Standar | Pembacaan Alat | | | | | |
|-------------------|----------------|-----|-----|-----|-----|--------------|
| | Data ke – | | | | | Rata - rata |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 50 | 47 | 48 | 47 | 45 | 49 | 47.2 |
| 100 | 98 | 97 | 98 | 97 | 98 | 97.6 |
| 150 | 148 | 146 | 147 | 146 | 147 | 146.8 |
| 200 | 197 | 198 | 197 | 196 | 198 | 197.2 |
| 250 | 247 | 249 | 246 | 248 | 247 | 247.4 |
| 300 | 298 | 300 | 297 | 299 | 298 | 298.4 |
| 350 | 346 | 347 | 348 | 348 | 345 | 346.8 |
| 400 | 398 | 397 | 396 | 395 | 396 | 396.4 |
| 450 | 447 | 449 | 447 | 448 | 446 | 447.4 |
| 500 | 498 | 496 | 498 | 495 | 497 | 496.8 |
| Jumlah | | | | | | 2722 |
| Rata rata | | | | | | 272.2 |

Dari pengambilan data diatas maka didapatkan data kalibrasi sensor sehingga dapat diketahui nilai ketidakpastian dari sensor tersebut. Data hasil dari kalibrasi sensor loadcell ditunjukkan pada **Tabel 4.3** dan **Tabel 4.4**.

Tabel 4. 2 Hasil Pembacaan Data Turun pada Sensor *Loadcell*

| Pembacaan Standar | Pembacaan Alat | | | | | |
|-------------------|----------------|-----|-----|-----|-----|--------------|
| | Data ke – | | | | | Rata - rata |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 50 | 48 | 45 | 47 | 46 | 47 | 46.6 |
| 100 | 96 | 96 | 98 | 99 | 99 | 97.6 |
| 150 | 148 | 149 | 149 | 146 | 148 | 148 |
| 200 | 196 | 197 | 197 | 198 | 197 | 197 |
| 250 | 245 | 247 | 249 | 248 | 249 | 247.6 |
| 300 | 296 | 299 | 297 | 297 | 297 | 297.2 |
| 350 | 346 | 349 | 348 | 348 | 349 | 348 |
| 400 | 398 | 397 | 397 | 397 | 396 | 397 |
| 450 | 447 | 449 | 447 | 446 | 449 | 447.6 |
| 500 | 497 | 496 | 496 | 497 | 476 | 492.4 |
| Jumlah | | | | | | 2719 |
| Rata rata | | | | | | 271.9 |

Tabel 4. 3 Data Kalibrasi Sensor *Loadcell* A

| Pembacaan Standart | Rata -rata Naik | Rata -Rata Turun | Rata - Rata | Koreksi (Y) |
|--------------------|-----------------|------------------|-------------|-------------|
| 50 | 47.2 | 46.6 | 46.9 | 0.3 |
| 100 | 97.6 | 97.6 | 97.6 | 0 |
| 150 | 146.8 | 148 | 147.4 | -0.6 |
| 200 | 197.2 | 197 | 197.1 | 0.1 |
| 250 | 247.4 | 247.6 | 247.5 | -0.1 |
| 300 | 298.4 | 297.2 | 297.8 | 0.6 |
| 350 | 346.8 | 348 | 347.4 | -0.6 |
| 400 | 396.4 | 397 | 396.7 | -0.3 |
| 450 | 447.4 | 447.6 | 447.5 | -0.1 |
| 500 | 496.8 | 492.4 | 494.6 | 2.2 |

| | |
|--------------------|-------------|
| Jumlah | 1.5 |
| Rata – rata | 0.15 |

Tabel 4. 4 Data Kalibrasi Sensor Loadcell B

| Pembacaan Standar | X² | Y-Y' | X*Y | (y – y')² |
|----------------------------|----------------------|-------------|------------|-----------------------------|
| 50 | 2500 | 0.15 | 15 | 0.0225 |
| 100 | 10000 | -0.15 | 0 | 0.0225 |
| 150 | 22500 | -0.75 | -90 | 0.5625 |
| 200 | 40000 | 0.1 | 20 | 0.01 |
| 250 | 62500 | -0.25 | -25 | 0.0625 |
| 300 | 90000 | 0.45 | 180 | 0.2025 |
| 350 | 122500 | -0.75 | -210 | 0.5625 |
| 400 | 160000 | -0.45 | -120 | 0.2025 |
| 450 | 202500 | -0.25 | -45 | 0.0625 |
| 500 | 250000 | 2.05 | 1100 | 4.2025 |
| Jumlah : 2750 | 962500 | 0.15 | 825 | 5.9125 |
| Rata - rata 275 | 96250 | 0.015 | 82.5 | 0.59125 |

Berikut ini merupakan cara untuk mencari nilai ketidakpastian sensor *loadcell*.

- a. Nilai Ketidakpastian Tipe A

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum (y - \bar{y})^2}}{n - 1}$$

$$\sigma = 0,919044535$$

Sehingga didapatkan nilai U_{a1} sebagai berikut:

$$U_{a1} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$U_{a1} = \frac{0,919044535}{\sqrt{10}} = 0,324931311$$

Sedangkan nilai ketidakpastian regresi $U_{a2} = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}}$

Dimana:

SSR (*Sum Square Residual*) = $\sum SR$ (*Square Residual*)

$SR = R^2$ (*Residu*)

Y = Nilai koreksi

Sebagaimana persamaan (2.3) – (2.8), maka:

x = *Pemb. standar*,

y = *Nilai koreksi*, n = *Jumlah data*

$b = 0,018$

Sehingga nilai:

$a = (0,15) + (0,018 \times 275)$

$a = -4,8$

Jadi, persamaan regresi menjadi:

$Y_{reg} = (0,018) + (x(-4,8))$

Yang menghasilkan nilai **SSR = 57,88**

$$U_{a2} = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}} = \sqrt{\frac{57,88}{10-2}} = 3,105908348$$

b. Nilai Ketidakpastian Tipe B

Pada tipe ini terdapat 2 parameter ketidakpastian, yaitu ketidakpastian Resolusi (U_{b1}) dan Ketidakpastian alat standar *pressure gauge* (U_{b2}). Dengan perhitungan sebagai berikut:

$$U_{b1} = \frac{\frac{1}{2} \times \text{Resolusi}}{\sqrt{3}} = \frac{\frac{1}{2} \times 0,01}{\sqrt{3}} = \mathbf{0,002886751}$$

$$U_{b2} = \frac{a}{k}$$

Dikarenakan pada alat standar tidak ada sertifikat kalibrasinya maka nilai a (ketidakpastian sertifikat kalibrasi)

dianggap mendekati 0, dan nilai faktor cakupan dianggap 2,0. Sehingga hasil : $U_{b2} = 0$.

- c. Nilai Ketidakpastian Kombinasi U_c

$$U_c = \sqrt{U_{a1}^2 + U_{a2}^2 + U_{b1}^2 + U_{b2}^2}$$

$$U_c = 9,971606311$$

4.5 Data Karakteristik Statik Sensor

Karakteristik statik merupakan sifat dari sebuah alat ukur yang tidak bergantung terhadap waktu dengan kata lain kondisi alat ukur ini tidak berubah karena waktu. Untuk mengetahui nilai karakteristik dari sebuah alat ukur maka diperlukan perhitungan sebagai berikut.

Tabel 4. 5 Data Karakteristik Sensor

| No | PIn | Pout naik | Pout Turun | H(I) | (Pin-Pout)/Pin |
|--------------------|-----|--------------|---------------|--------------|--------------------|
| 1 | 50 | 47.2 | 46.6 | 0.15 | 0.003 |
| 2 | 100 | 97.6 | 97.6 | 0 | 0 |
| 3 | 150 | 146.8 | 148 | 1.2 | 0.008 |
| 4 | 200 | 197.2 | 197 | 0.1 | 0.0005 |
| 5 | 250 | 247.4 | 247.6 | 0.2 | 0.0008 |
| 6 | 300 | 298.4 | 297.2 | 1.2 | 0.004 |
| 7 | 350 | 346.8 | 348 | 0.4 | 0.00114286 |
| 8 | 400 | 396.4 | 397 | 0.6 | 0.0015 |
| 9 | 450 | 447.6 | 447.6 | 0.1 | 0.00022222 |
| 10 | 500 | 496.8 | 494.6 | 2.2 | 0.0044 |
| Jumlah | | | | 0.15 | 0.003434921 |
| Rata - rata | | | | 0.015 | 0.000343492 |

Dari data yang terdapat dalam **Tabel 4.5**, maka dapat diketahui nilai karakteristik alat sebagai berikut:

- Range : 0 – 300 gram
- Span : 300 gram
- Sensitivitas : 0,15 mv/V

- d. Histerisis : 2,41%
- e. Akurasi : 96,65%
- f. Error : 3,34%

Nilai tersebut dapat diketahui dengan menghitung menggunakan rumusan seperti berikut:

- a. Histerisis

Merupakan perilaku atau sifat dari sebuah sistem dimana sebuah sistem tersebut gagal untuk kembali ke keadaan semula atau sebelumnya. Adapun persamaan histerisis adalah:

$$H(I) = O(I)_{I\downarrow} - O(I)_{I\uparrow} \quad , \quad \hat{H} = H(I)_{max}$$

(4.2)

sehingga:

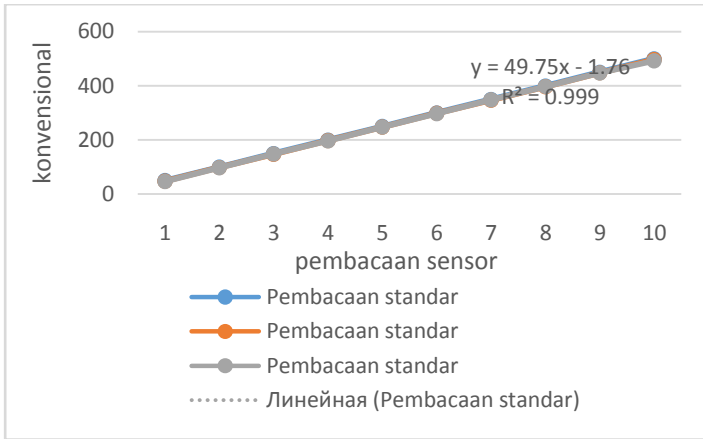
$$\% \text{ Maksimum histeresis} = \frac{\hat{H}}{O_{max} - O_{min}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Maksimum histeresis} = \frac{1,2}{496.8 - 0} \times 100\%$$

$$\% \text{ Maksimum histeresis} = \frac{1,2}{496.8} \times 100\%$$

$$\% \text{ Maksimum histeresis} = 2,41\%$$

Berikut gambar grafik histerisis dari data pengukuran naik dan turun tersebut:



Gambar 4. 2 Grafik histerisis

Pada gambar grafik diatas menunjukkan bahwa garis biru merupakan standart pembacaan, garis orange menandakan Pout Naik, sedangkan garis abu - abu menandakan Pout Turun. Histerisis tertinggi terletak pada saat range 0 – 300 gram, hal ini dikarenakan adanya koreksi yang terdapat pada sensor, sehingga alat ukur memang tidak bisa langsung presisi ketika dinaikkan, menunjukan nilai yang hasil sempurna atau minim eror, sedangkan jika langsung diturunkan akan ada hasil erorr mencapai 2,41%

b. Akurasi

Merupakan penunjukan hasil pengukuran dengan nilai sesungguhnya.

$$A = 1 - \sum \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \times 100\% \quad (4.3)$$

Dengan:

Y_n = Pembacaan standar (I) dan

X_n = Pembacaan alat (O)

$$A = 1 - (0,03341) \times 100\%$$

$$A = 0,9665 \times 100\%$$

$$A = 96,65\%$$

c. Eror

Merupakan nilai yang didapat pada akurasi yang kurang sempurna, berikut merupakan rumus nilai eror.

$$e = 1 - A$$

(4.4)

$$e = 1 - 0.9665$$

$$e = 0.03341 \times 100\%$$

$$e = 3,34\%$$

4.6 Pengujian Respon Sistem Pengendalian

Hasil pembacaan respon sampai *set point* terhadap waktu ditunjukkan pada **Tabel 4.6**.

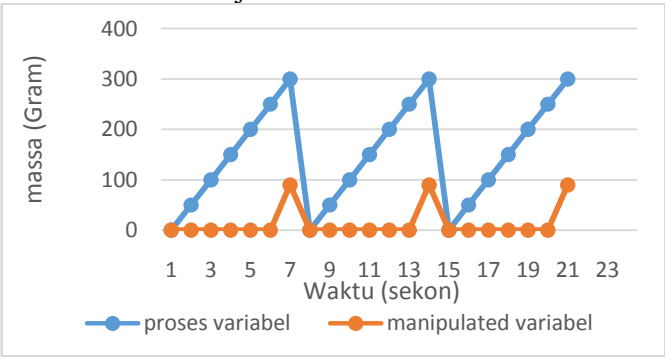
Tabel 4. 6 Respon Sistem Pengendalian

| Variabel Proses | Variabel Manipulasi |
|-----------------|---------------------|
| 0 | 0 |
| 50 | 0 |
| 100 | 0 |
| 150 | 0 |
| 200 | 0 |
| 250 | 0 |
| 300 | 90 |
| 0 | 0 |
| 50 | 0 |
| 100 | 0 |
| 150 | 0 |
| 200 | 0 |
| 250 | 0 |
| 300 | 90 |

| | |
|-----|----|
| 0 | 0 |
| 50 | 0 |
| 100 | 0 |
| 150 | 0 |
| 200 | 0 |
| 250 | 0 |
| 300 | 90 |

Gambar 4.3 merupakan data setiap kenaikan setiap 50 gram sampai dengan 300 gram (*set point*).

Dari hasil pembacaan sensor terhadap waktu di dapatkan bahwa jika sudah mencapai 300 gram maka motor servo akan memutar sebesar 90 derajat.



Gambar 4. 3 Respon *on-off* pembacaan sensor terhadap waktu

4.8 Pembahasan

Pada tugas akhir ini terdapat pengendalian berat bahan baku dengan menggunakan sensor loadcell dan modul pengondisian sinyal HX711 untuk menimbang massa hasil pencacahan botol plastic yang di dihasilkan dari masin cruiser yang akan menjaga nilai inputan sebesar 3 kg untuk di masukkan ke ruang pembakaran sebagai proses pirolisis dan akan menghasilkan BBM 3 liter.

Pada proses pengendalian on off ini pembebanan dari sensor loadcell akan di beri sebuah nampan akrilik yang berukuran 30 cm x 25 cm dengan tebal 3 mm, kemudian di ujung terdapat motor servo dengan torsi sebesar 15kg untuk memutar poros sebesar 90 derajat setiap loadcell membaca tekanan sebesar 300 gram dan akan mendelay 5 detik kemudian akan kembali lagi dengan sudut 0 derajat.

Hasil dari pembacaan sensor *loadcell* yang menghasilkan $U_{a1} = 0,324931311$, $U_{a2} = 3,105908348$, $U_{b1} = 0,002886751$, $U_{b2} = 0$, $U_c = 9,971606311$, dengan Histerisis sebesar 2,41%, akurasi sebesar 96,65% dan error sebesar 3,34% dengan hasil seperti itu sensor loadcell ini termasuk sudah bagus dengan toleransi error yang ada di datasheet sebesar $\pm 0,15\%$. Dan hasil dari set point sudah tercapai maka akan memutar actuator motor servo untuk membalikkan nampan loadcellnya dan akan mendelay 5 detik kemudian akan kembali lagi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari kegiatan pengujian tugas akhir yang berjudul rancang bangun mesin crusher dengan sensor loadcell dengan di perlukan data yang dapat menarik suatu sebagai berikut;

- a. Penghancuran limbah botol plastik menggunakan 3 buah pisau putar dan 1 pisau tetap di butuhkan gaya sebesar 6 Kgf.
- b. Daya yang dibutuhkan sebesar 376 watt, maka dari itu motor yang di gunakan adalah motor AC dengan daya 0,5 HP dan putaran 1400 rpm.
- c. Telah di buat alat pengukur berat bahan baku dengan menggunakan sensor loadcell dengan motor servo sebagai penumpah bahan baku berbasis Atmega 16.
- d. Didapatkan data set point yang sebesar 3 kg bahan baku sebagai inputan proses pirolisis.

1.2 Saran

Saran yang di berikan untuk di lakukan penelitian selanjutnya yaitu :

- a. Di butuhkan kabel jumper yang baik karena saat pengujian pembacaan sensor yang kurang akurat di karenakan kabel jumper yang kurang memadai.
- b. Wiring yang kompleks dan rapi karena saat pengujian dengan suhu yang tinggi penataan kabel wiring yang kurang tepat akibatnya pembungkus kabel lecet.
- c. Di butuhkan motor DC yang besar untuk menghantarkan hasil bahan baku yang sudah di timbang ke tabung pembakaran.

- d. Di butuhkan motor AC torsi besar agar bisa mencacah berbagai jenis botol plastic.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Nugroho, Perencanaan Mesin Pencacah Botol Plastik Bekas dengan Kapasitas 18 Kg/Jam, Padang: Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Padang, 2016.
- [2] Satulhaniah, "academia.edu," 2013.
- [3] W. T. Handoko, "Sejarah Alat Pengolah Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar".
- [4] M. Syamsiro, "Kajian Pengaruh Penggunaan Katalis Terhadap Kualitas Produk Minyak Hasil Pirolisis Sampah Plastik," *Jurnal teknik*, vol. 5, no. 1, pp. 47-56, 2015.
- [5] K. S and S. R.K., "Recovery of Hydrocarbon Liquid from waste High Density Polyethylene by Thermal Pyrolysis," *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, vol. 28, no. 4, pp. 659-667, 2011.
- [6] B. A. Prakoso, Perancangan dan Pembuatan Mesin Penghancur Botol Plastik Elektronik, Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2016.
- [7] R. Napitupulu, M. Subkhan and L. D. Nita, "Rancang Bangun Mesin Pencacah Sampah Plastik," *Jurnal Manutech*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN A PROGRAM KODING

/******

This program was produced by the
CodeWizardAVR V2.05.3 Standard
Automatic Program Generator
© Copyright 1998-2011 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.
<http://www.hpinfotech.com>

Project :
Version :
Date : 3/28/2018
Author : Muhamad Vicky D
Company :
Comments:

Chip type : ATmega16
Program type : Application
AVR Core Clock frequency: 12.000000 MHz
Memory model : Small
External RAM size : 0
Data Stack size : 256

/

```
#include <mega16.h>
//#include <io.h>
#include <stdlib.h>
#include <delay.h>
```

```
// Alphanumeric LCD functions
#include <alcd.h>
#include <stdbool.h>
#include <stdio.h>
```

```

char text[6];

#define HX711_SCK PORTB.7
#define HX711_DT PINB.6
#define HIGH 1
#define LOW 0

// Declare your global variables here
long HX711_Buffer = 0;
long Weight_Maopi = 0, Weight_Shiwu = 0;
int Weight = 0;
unsigned int overflow,motorservo;

interrupt [TIM0_OVF] void timer0_ovf_isr(void)
{
// Place your code here
    overflow++;
    if (overflow==938){
        overflow=0;
        PORTB.0=1;
    }
    if(overflow==motorservo){
        PORTB.0=0;
    }
}

unsigned long HX711_Read(void)
{
    unsigned long count;
    unsigned char i;
    bool Flag = 0;

    HX711_DT = HIGH;
    delay_us(1);

```

```

HX711_SCK = LOW;
delay_us(1);

count = 0;
while(HX711_DT);
for(i=0;i<24;i++)
{
    HX711_SCK = HIGH;
    delay_us(1);
    count=count<<1;
    HX711_SCK = LOW;
    delay_us(1);
    if(HX711_DT)
        count++;
}
HX711_SCK = HIGH;
count ^= 0x800000;
delay_us(1);
HX711_SCK = LOW;
delay_us(1);

return(count);
}

void Get_Maopi()
{
    HX711_Buffer = HX711_Read();
    Weight_Maopi = HX711_Buffer/100;
}

unsigned int Get_Weight()
{
    HX711_Buffer = HX711_Read();
    HX711_Buffer = HX711_Buffer/100;

    Weight_Shiwu = HX711_Buffer;
    Weight_Shiwu = Weight_Shiwu - Weight_Maopi;
}

```

```
Weight_Shiwu =((unsigned int)((float)Weight_Shiwu*0.976-
3.84));
```

```
    return Weight_Shiwu;
}
```

```
void main(void)
{
// Declare your local variables here

// Input/Output Ports initialization
// Port A initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In
Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T
State1=T State0=T
PORTA=0x00;
DDRA=0x00;

// Port B initialization
// Func7=Out Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In
Func1=In Func0=In
// State7=0 State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T
State1=T State0=T
PORTB=0x00;
DDRB=0x83;

// Port C initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In
Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T
State1=T State0=T
PORTC=0x00;
DDRC=0x00;
```

```
// Port D initialization
// Func7=Out Func6=Out Func5=Out Func4=Out Func3=Out
Func2=Out Func1=Out Func0=Out
// State7=0 State6=0 State5=0 State4=0 State3=0 State2=0
State1=0 State0=0
PORTD=0x00;
DDRD=0xFF;

// Timer/Counter 0 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: 12000.000 kHz
// Mode: Normal top=0xFF
// OC0 output: Disconnected
TCCR0=0x01;
TCNT0=0x00;
OCR0=0x00;

// Timer/Counter 1 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer1 Stopped
// Mode: Normal top=0xFFFF
// OC1A output: Discon.
// OC1B output: Discon.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer1 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
TCCR1A=0x00;
TCCR1B=0x00;
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
```

```
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;

// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer2 Stopped
// Mode: Normal top=0xFF
// OC2 output: Disconnected
ASSR=0x00;
TCCR2=0x00;
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;

// External Interrupt(s) initialization
// INT0: Off
// INT1: Off
// INT2: Off
MCUCR=0x00;
MCUCSR=0x00;

// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=0x01;

// USART initialization
// USART disabled
UCSRB=0x00;

// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;

// ADC initialization
```



```

// ADC disabled
ADCSRA=0x00;

// SPI initialization
// SPI disabled
SPCR=0x00;

// TWI initialization
// TWI disabled
TWCR=0x00;

// Global enable interrupts
#asm("sei")

// Alphanumeric LCD initialization
// Connections are specified in the
// Project|Configure|C Compiler|Libraries|Alphanumeric LCD
menu:
// RS - PORTD Bit 0
// RD - PORTD Bit 1
// EN - PORTD Bit 2
// D4 - PORTD Bit 4
// D5 - PORTD Bit 5
// D6 - PORTD Bit 6
// D7 - PORTD Bit 7
// Characters/line: 16
lcd_init(20);
lcd_clear();
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_puts("Bismilah");
delay_ms(100);

Get_Maopi();

while (1){
    //Place your code here

```

```
Weight = Get_Weight();
lcd_gotoxy(0,1);
sprintf(text,"%d gram", Weight);
lcd_puts(text);
if(Weight>=300){ //Set Point
    motorservo=90;
    PORTB.1 = 0; //Sudut Servo Jatuh
    delay_ms(5000); //Delay Jatuh
}
else {
    motorservo=40;
    PORTB.1 = 1; //Sudut Awal
}
delay_ms(20);
}
```

LAMPIRAN B

SPESIFIKASI SENSOR, MIKROKONTROLLER ATMEGA 16, DAN MOTOR SERVO DSS M15

Type L6E3 Load Cell



Short description



- Aluminium-alloy IP65 single point load cell.
- Colourless anodized
- Suitable for pricing scales, bench scales, etc.
- Maximum platform size: 450 x 450 mm



test certificate no. TC7836 Revision 1
C of C no R60/2000-NL1-10.34



Certificate no. 11-062

Available models

| Capacity | Accuracy | Full article description |
|----------|----------|--------------------------|
| 50kg | C3/C4 | L6E3-C3/C4-50kg-3G |
| 100kg | C3/C4 | L6E3-C3/C4-100kg-3G |
| 150kg | C3/C4 | L6E3-C3/C4-150kg-3G |
| 200kg | C3/C4 | L6E3-C3/C4-200kg-3G |
| 250kg | C3/C4 | L6E3-C3/C4-250kg-3G |
| 300kg | C3/C4/C5 | L6E3-C3/C4/C5-300kg-3G |
| 400kg | C3/C4/C5 | L6E3-C3/C4/C5-400kg-3G |
| 500kg | C3/C4/C5 | L6E3-C3/C4/C5-500kg-3G |

Type L6E3 Load Cell



Detailed specifications L6E3

| Accuracy class | | OIML R60 C3 | OIML R60 C4 | OIML R60 C5 |
|--|-------------------------|---------------------------------------|---------------|---------------|
| Output sensitivity (= FS) | mV/V | 2.0 ± 0.2 | | |
| Maximum capacity (E_{max}) | kg | 50, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500 | 300, 400, 500 | 300, 400, 500 |
| Max.number of load cell intervals | n_{LC} | 3000 | 4000 | 5000 |
| Ratio of min. LC verification interval | $Y = E_{max} / V_{min}$ | 10000 | 15000 | 20000 |
| Combined Error | %FS | ≤± 0.0230 | ≤± 0.0175 | ≤± 0.0140 |
| Minimum dead load | Of E_{max} | 0% | | |
| Safe overload | of E_{max} | 150 % | | |
| Ultimate overload | of E_{max} | 300 % | | |
| Zero balance | of FS | < ± 2.0 % | | |
| Excitation, recommended voltage | V | 5 ~ 12 | | |
| Excitation maximum | V | 18 | | |
| Input resistance | Ω | 406 ± 6 | | |
| Output resistance | Ω | 350 ± 3.5 | | |
| Insulation resistance | MΩ | ≥5000 (at 50VDC) | | |
| Compensated temperature | °C | -10 ~ +40 | | |
| Operating temperature | °C | -35 ~ +65 | | |
| Storage temperature | °C | -40 ~ +70 | | |
| Element material | | Aluminium | | |
| Ingress Protection (acc. to EN 60529) | | IP65 | | |
| Recommended torque on fixation | Nm | M6:10 | | |

Wiring

Wiring:

Shielded, 4 conductor cable.

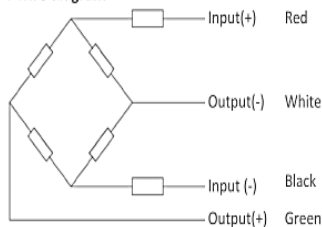
Cable diameter: Ø5.3mm.

Standard cable length: 3m.

Shield not connected to element.

Cable jacket in PVC.

4-wire diagram



Specifications and dimensions are subject to change without notice and do not constitute any liability whatsoever.

Zemic Europe B.V.
Leerlooiërstraat 8
4871 EN Etten-Leur
The Netherlands

Nr. 2013.11 L6E3 Rev6

2/3

T: +31 76 50 39480
F: +31 76 50 39481
info@zemic.nl
www.zemic.nl

24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales

DESCRIPTION

Based on Avia Semiconductor's patented technology, HX711 is a precision 24-bit analog-to-digital converter (ADC) designed for weigh scales and industrial control applications to interface directly with a bridge sensor.

The input multiplexer selects either Channel A or B differential input to the low-noise programmable gain amplifier (PGA). Channel A can be programmed with a gain of 128 or 64, corresponding to a full-scale differential input voltage of $\pm 20\text{mV}$ or $\pm 40\text{mV}$ respectively, when a 5V supply is connected to AVDD analog power supply pin. Channel B has a fixed gain of 32. On-chip power supply regulator eliminates the need for an external supply regulator to provide analog power for the ADC and the sensor. Clock input is flexible. It can be from an external clock source, a crystal, or the on-chip oscillator that does not require any external component. On-chip power-on-reset circuitry simplifies digital interface initialization.

There is no programming needed for the internal registers. All controls to the HX711 are through the pins.

FEATURES

- Two selectable differential input channels
- On-chip active low noise PGA with selectable gain of 32, 64 and 128
- On-chip power supply regulator for load-cell and ADC analog power supply
- On-chip oscillator requiring no external component with optional external crystal
- On-chip power-on-reset
- Simple digital control and serial interface: pin-driven controls, no programming needed
- Selectable 10SPS or 80SPS output data rate
- Simultaneous 50 and 60Hz supply rejection
- Current consumption including on-chip analog power supply regulator:
 - normal operation $< 1.5\text{mA}$, power down $< 1\mu\text{A}$
- Operation supply voltage range: $2.6 \sim 5.5\text{V}$
- Operation temperature range: $-40 \sim +85^\circ\text{C}$
- 16 pin SOP-16 package

APPLICATIONS

- Weigh Scales
- Industrial Process Control

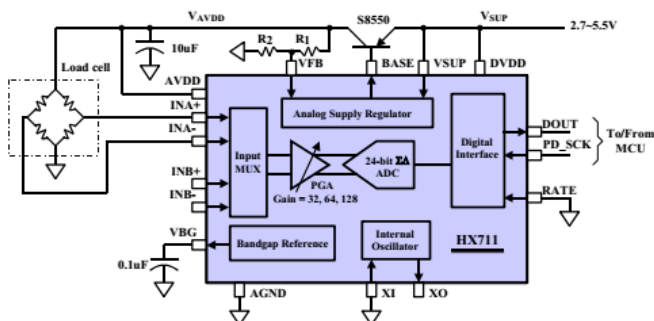


Fig. 1 Typical weigh scale application block diagram

| No | Items | Electrical Specification | |
|----|-----------------------------------|--------------------------|--------------|
| 1 | Operating voltage range | 4.8 - 57.2 volts | |
| No | Testing Environment | 6 volts | 7.2 volts |
| 2 | Operating speed (without payload) | 0.18 sec/60° | 0.16 sec/60° |
| 3 | Quiescent current | 80 mA | 100 mA |
| 4 | Stall Torque | 13.5 kg*cm | 15 kg*cm |
| 5 | Stall Current | 1.8 A | 2 A |
| 6 | Standby mode current | 4 mA | 5 mA |

| No | Items | Mechanical Specification |
|----|----------------------|--------------------------|
| 1 | Materials of gear | Metal Gear |
| 2 | Limited angle | About 180° |
| 3 | Connector wire gauge | 28 PVC |
| 4 | Wire length | About 320 mm |
| 5 | Horn gear spline | 25T / ϕ 5.80 |
| 6 | Geared ratio | 310:1 |
| 7 | Dimension | 54.5 x 20 x 47.5 mm |

| No | Items | Control Specification |
|----|-------------------------|---------------------------------|
| 1 | Control signal | RC PWM |
| 2 | Pulse width range | 500 - 2500 μ s |
| 3 | Neutral position signal | 1500 μ s |
| 4 | Clockwise rotation | <1500 μ s |
| 5 | Operating frequency | 50 - 330Hz (Arduino compatible) |

Features

- High Performance, Low Power Atmel® AVR® 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 131 Powerful Instructions - Most Single Clock Cycle Execution
 - 32 × 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 1 MIPS throughput per MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- Data and Non-Volatile Program Memory
 - 16/32/64K Bytes Flash of In-System Programmable Program Memory
 - 512B/1K/2K Bytes of In-System Programmable EEPROM
 - 1/2/4K Bytes Internal SRAM
 - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/ 100,000 EEPROM
 - Data Retention: 20 years at 85°C/ 100 years at 25°C⁽¹⁾
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - Programming Lock for Flash Program and EEPROM Data Security
- On Chip Debug Interface (debugWIRE)
- CAN 2.0A/B with 6 Message Objects - ISO 16845 Certified
- LIN 2.1 and 1.3 Controller or 8-Bit UART
- One 12-bit High Speed PSC (Power Stage Controller)
 - Non Overlapping Inverted PWM Output Pins With Flexible Dead-Time
 - Variable PWM duty Cycle and Frequency
 - Synchronous Update of all PWM Registers
 - Auto Stop Function for Emergency Event
- Peripheral Features
 - One 8-bit General purpose Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode and Capture Mode
 - One 16-bit General purpose Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode and Capture Mode
 - One Master/Slave SPI Serial Interface
 - 10-bit ADC
 - Up To 11 Single Ended Channels and 3 Fully Differential ADC Channel Pairs
 - Programmable Gain (5x, 10x, 20x, 40x) on Differential Channels
 - Internal Reference Voltage
 - Direct Power Supply Voltage Measurement
 - 10-bit DAC for Variable Voltage Reference (Comparators, ADC)
 - Four Analog Comparators with Variable Threshold Detection
 - 100µA ±2% Current Source (LIN Node Identification)
 - Interrupt and Wake-up on Pin Change
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-Chip Oscillator
 - On-chip Temperature Sensor
- Special Microcontroller Features
 - Low Power Idle, Noise Reduction, and Power Down Modes
 - Power On Reset and Programmable Brown Out Detection
 - In-System Programmable via SPI Port
 - High Precision Crystal Oscillator for CAN Operations (16MHz)
 - Internal Calibrated RC Oscillator (8MHz)
 - On-chip PLL for fast PWM (32MHz, 64MHz) and CPU (16MHz)
- Operating Voltage: 2.7V - 5.5V
- Extended Operating Temperature:
 - -40°C to +85°C
- Core Speed Grade:
 - 0 - 8MHz @ 2.7 - 4.5V
 - 0 - 16MHz @ 4.5 - 5.5V



8-bit AVR®
Microcontroller
with 16/32/64K
Bytes In-System
Programmable
Flash

ATmega16M1
ATmega32M1
ATmega64M1

Preliminary
Summary

8209DS-AVR-11/10



Halaman ini sengaja dikosongkan

BIODATA PENULIS



lirkan di Sidoarjo pada tanggal 11 November 1996 dengan di beri nama Muhamad Vicky Driantama. Bapak bernama Muslimin, Ibu bernama Anti Ningsih. Penulis telah menyelesaikan studi di MI Darul Hidayah pada tahun 2009, SMP Negeri 1 Tulangan pada tahun 2012, SMA Negeri 1 Krembung pada tahun 2015, dan kemudian melanjutkan kuliah di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Departemen Teknik Instrumentasi, Program Studi D3 Teknik Instrumentasi, Fakultas Vokasi pada tahun 2015. Pengalam organisasi yang pernah di ikuti menjadi Staff PSDA IBC, Staff INTERNAL INDOCOR, dan menjadi Asisten Laboratorium Pengukuran Fisis Teknik Fisika – ITS. Pengalaman kerja praktek di PT. Pertamina EP Asset 4 Field Cepu, Jawa Tengah dengan judul: *System Control Pressure LP separator unit GSU (Gas Separator Unit) dengan menggunakan DCS Honey well pada plant CPP PPGJ – Gundih PT. Pertamina Asset 4 field Cepu*. Bagi pembaca yang memiliki kritik dan saran atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai tugas akhir ini, dapat menghubungi melalui nomor HP 087702643772 atau email vickydriantama885@gmail.com.